

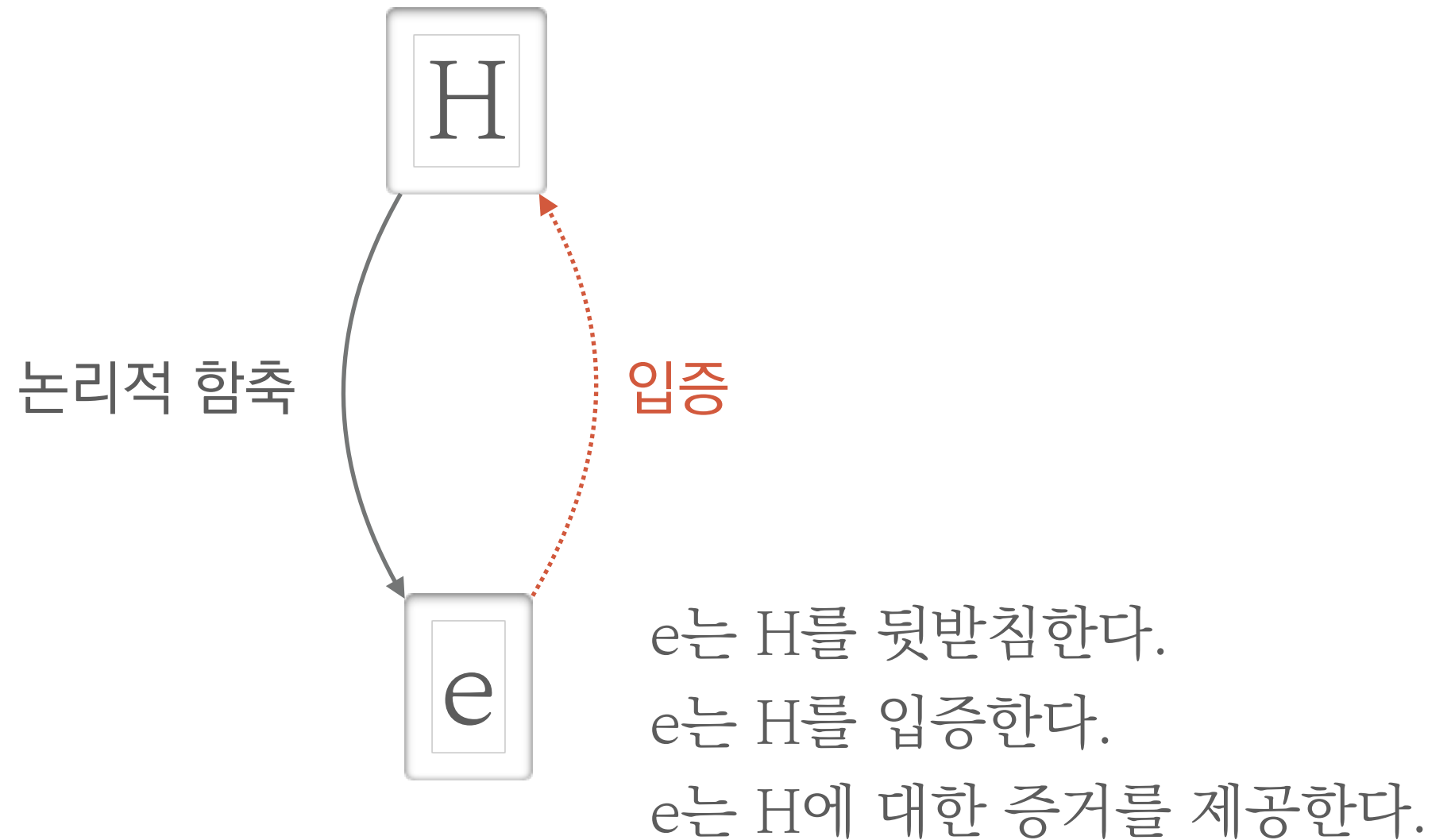


# 과학적 증거

---

# 가설연역주의적 증거

---



# 입증의 정도

---

“가설은 [...] 결코 관찰 증거에 의해 완전히 검증될 수 없다. 따라서 나는 우리가 검증 개념을 포기해야 한다고 제안했으며, 대신 가설은 증거에 의해 더 혹은 덜 입증되거나 반입증된다고 말하고자 한다.”

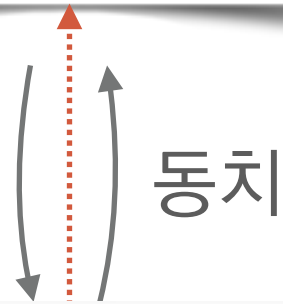
- 루돌프 카르납

- 증거의 수
- 증거의 정확성
- 증거의 다양성
- 그 외에는?

# 까마귀의 역설

---

모든 까마귀는 검다



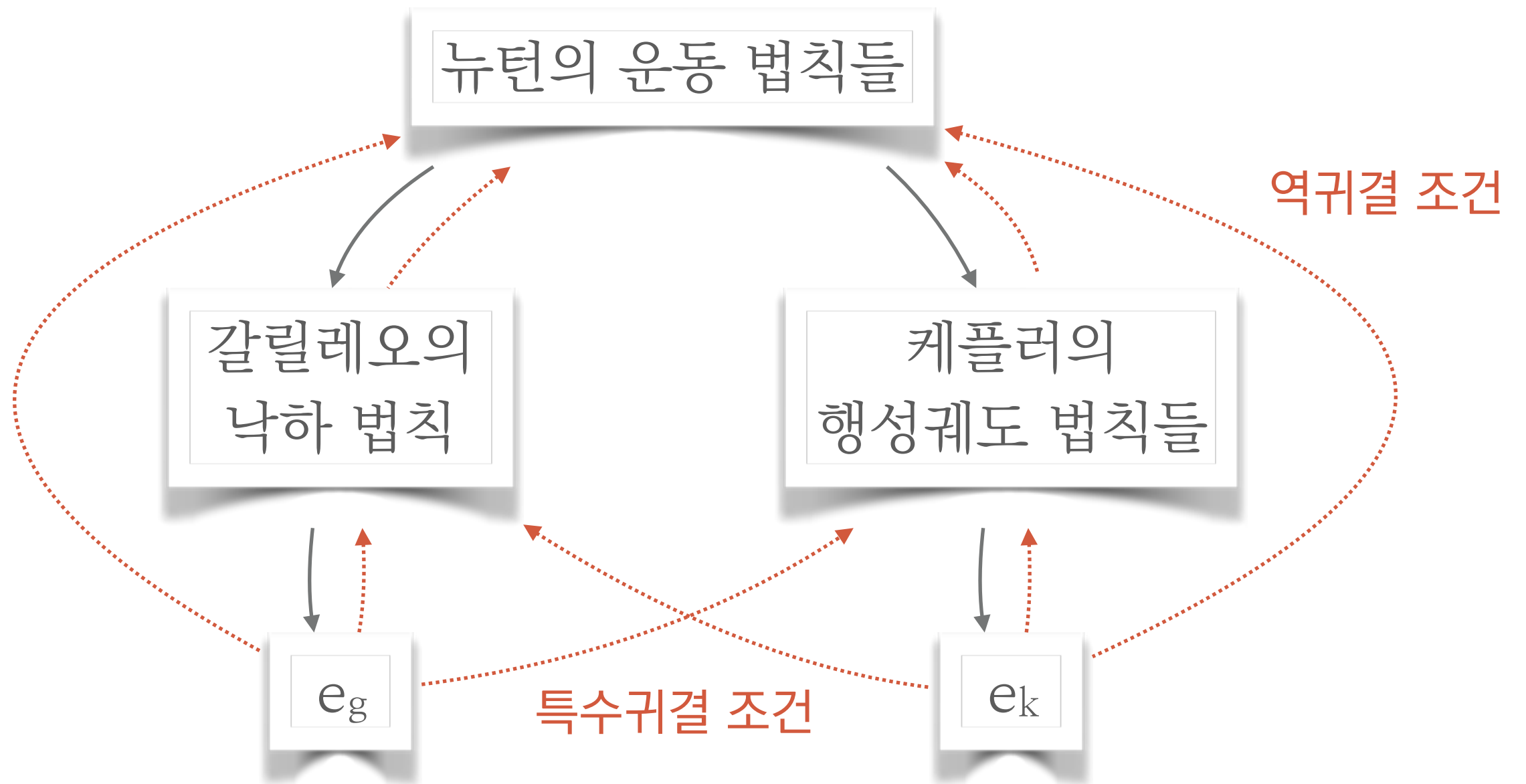
검지 않은 모든 것은 까마귀가 아니다

논리적 함축

입증

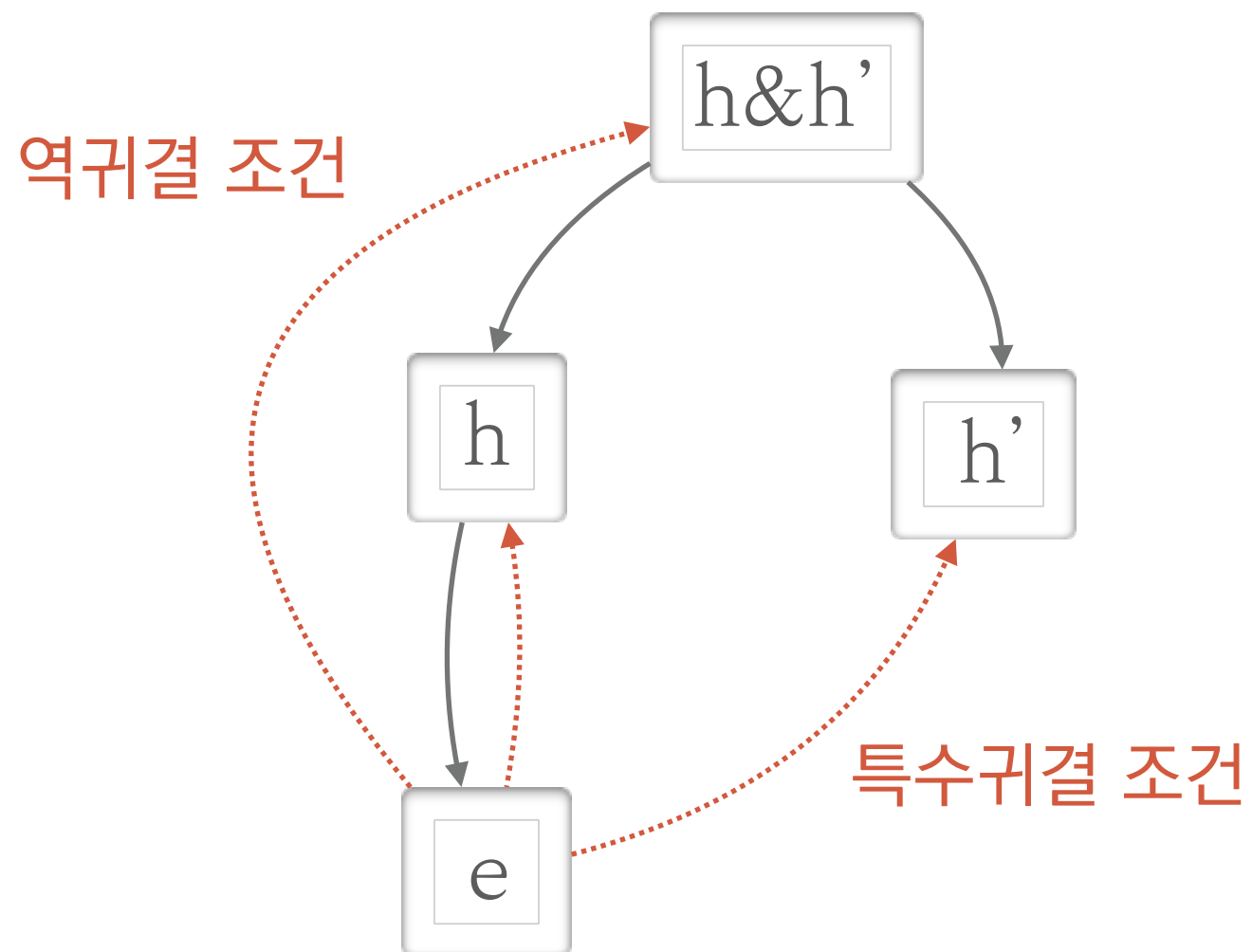


# 이론의 계층적 구조와 증거



# 무차별적 입증의 문제

.....



- ▶ 역귀결 조건(CC)과 특수귀결 조건(SC)을 받아들일 경우, 어떤 하나의 가설을 입증하는 진술은 임의의 모든 가설을 입증하게 된다.
- ▶ e의 도출에 아무런 기여도 하지 않는 h'이 h에 무임승차

**가설연역주의적 증거 개념은 너무 방만**

# 해결책 1

---

$e$ 가  $h$ 를 입증한다. iff

- (i)  $e$ 가  $(h \& b)$ 로부터 연역적으로 도출된다.
- (ii)  $e$ 는  $b$ 로부터 연역적으로 도출되지 않는다.



## 해결책 2

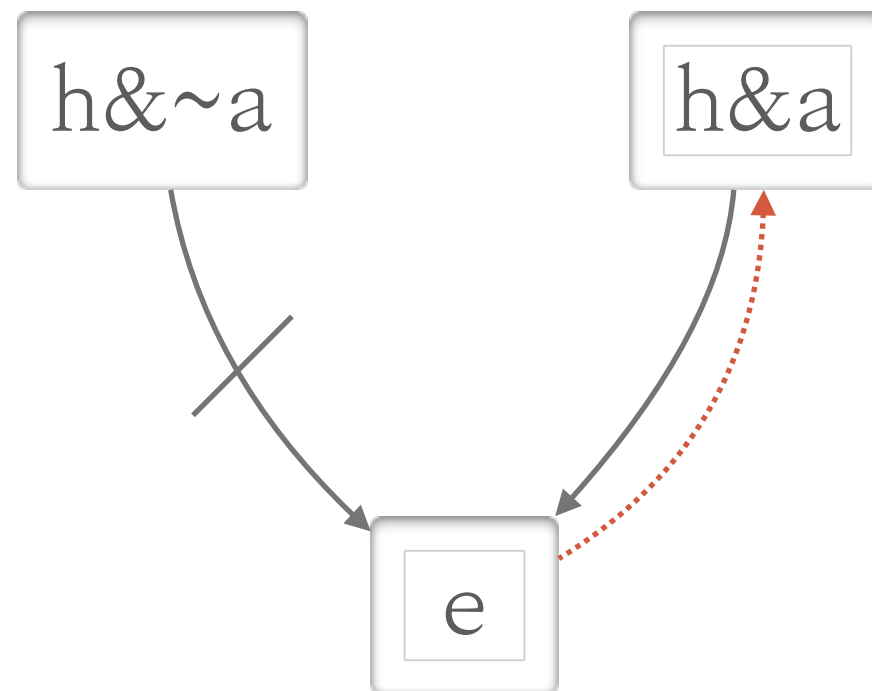
---

$e$ 가  $h$ 를 입증한다. iff

- (i)  $e$ 가  $(h \& b)$ 로부터 연역적으로 도출된다.
- (ii)  $e$ 는  $b$ 로부터 연역적으로 도출되지 않는다.
- (iii)  $e$ 를 도출하는  $h$ 의 진부분집합  $h^*$ 이 존재하지 않는다.

# 임시방편적 가설의 문제

---



$h$ 의 반례  $e$ 로부터  
 $h$ 를 구제하기 위해  
사후적으로 도입된  
보조가설  $a$

# 예측주의

---

- ▶ 새로운 사실을 예측하는 데 성공한 것은 기존 사실을 설명하는 것보다 '더 좋은' 증거를 제공한다.
- ▶ 문제점 : 이미 알려진 사실도 좋은 증거 역할을 많이 해왔음.
  - ▶ 케플러의 법칙들은 만유인력의 법칙에 대한 증거!
  - ▶ 수성의 근일점 운동은 일반 상대성 이론에 대한 증거!
- ▶ 해결책 : 가설 구성 과정에서 사용되지 않은 것은 예측으로 인정

# 발머의 사례 : 가상의 역사

---



$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=3,4,5,6$$

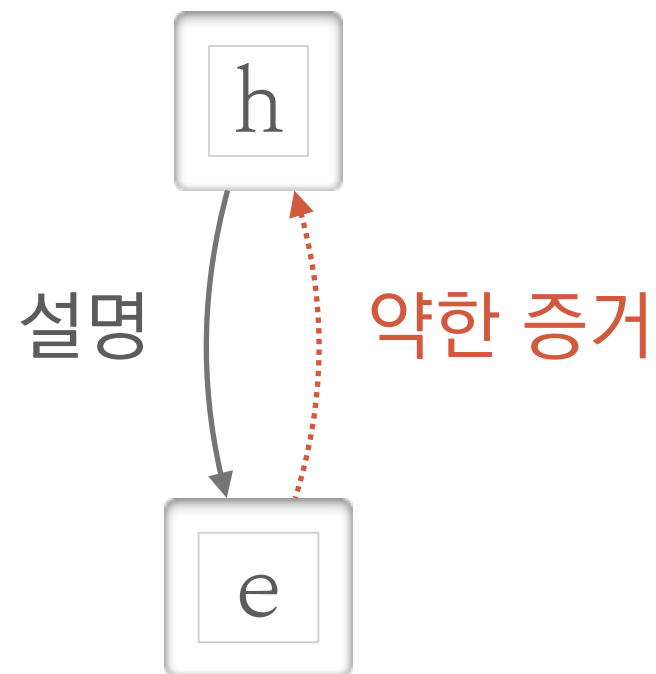
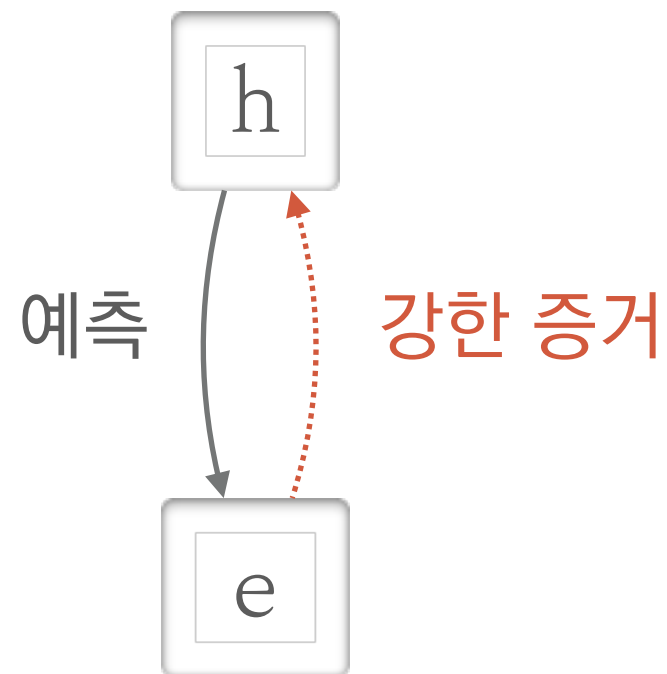
이후 발머의 규칙을 만족하는 나머지 31개의 스펙트럼선 확인

발머가 제안한 규칙

만약 발머가 자신의 규칙을 고안할 때  
35개의 스펙트럼선 자료를 이용했다면?

# 동일 가설 & 동일 자료, 그러나 다른 정도의 증거?

---



가설의 예측이 성공하는 것은 놀라운 일이지만, 기존 자료를 설명하기 위해 고안된 가설이 자료를 설명하는 데 성공하는 것은 전혀 놀라운 일이 아니기 때문!

# 기어리와 워럴의 예측주의 옹호 논변

---

- ▶ 가설 구성에 사용된 자료는 “**그 가설이 완전히 잘못되었다 하더라도 그 가설을 거부하게 만들 가능성이 전혀 없**”기 때문에 적절한 시험지가 될 수 없으며, 즉 가설에 대한 증거를 제공할 수 없다 (Giere 1983).
- ▶ “만약 T의 어떤 특정한 특징이 실제로 e의 기초 위에 묶여 있었다면, e에 대한 검사는 분명히 T에 대한 진정한 시험을 구성하지 않는다. ... **그것[e]은 실제로는 T의 잠재적 반증자가 아닌데**, 왜냐하면 T는 그것의 구성 방법으로 인해 e에 의해 기술된 사실에 의해 어떤 위험도 전혀 받지 않았기 때문이다.”(Worrall 1989)

# 예측주의에 대한 반론

---

- ▶ 다양한 자료를 복잡한 법칙이 아닌 단순한 법칙으로 환원하는 데 성공했다면, 그 성공은 복잡한 법칙을 통해 이론 성공보다는 법칙에 더 좋은 증거를 제공하는 것으로 생각될 수 있지 않을까?
- ▶ 증거란 가설과 자료 사이의 논리적 관계이므로, 가설과 자료 중 어느 쪽이 먼저 나타났는가라는 역사적 문제는 가설의 입증과 무관한 요인으로 취급해야 하지 않을까?
- ▶ 예측주의의 반례들
  - ▶ 표본 자료는 신뢰구간 가설의 좋은 증거!
  - ▶ 그림자의 방향은 태양의 방향에 대한 좋은 증거!
  - ▶ 거대 단백질의 구조는 X선 회절 사진으로부터!





# 베이지주의 입증 이론

---

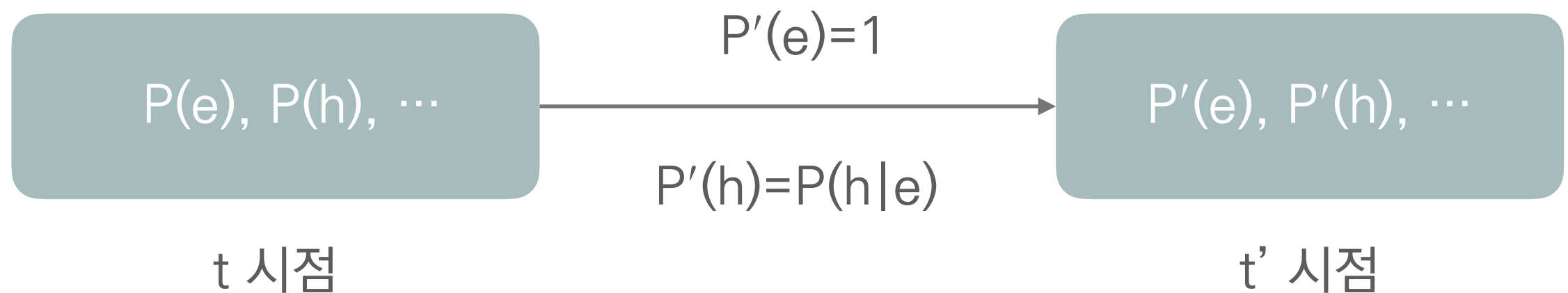




# 베이즈주의 확률 이론

---

- 확률 = 명제에 대한 (개인의) 믿음의 정도[신념도]
- 두 가지 일관성
  - 공시적 일관성 : 행위자의 믿음 체계는 확률의 공리와 정리 만족  
예 :  $P(A) \geq P(A \& B)$ ,  $P(A) \leq P(A \& B)$
  - 통시적 일관성 : 정보가 추가될 때마다 행위자의 믿음 체계 갱신



# 베이즈 정리

---

$$P(h|e) = \frac{P(h \& e)}{P(e)} = \frac{P(e|h)}{P(e)} P(h)$$

Diagram illustrating the components of Bayes' Theorem:

- $P(h|e)$ : 사후확률 (Posterior Probability)
- $P(h \& e)$ : 가능도 (Likelihood)
- $P(e|h)$ : 기대값 (Expected Value)
- $P(h)$ : 사전확률 (Prior Probability)

## 베이즈주의에서 입증이란?

---

- ▶  $P(h|e) > P(h)$  :  $e$ 는  $h$ 를 입증한다.
- ▶  $P(h|e) < P(h)$  :  $e$ 는  $h$ 를 반입증한다.
- ▶  $P(h|e) = P(h)$  :  $e$ 는  $h$ 와 증거적으로 무관하다.

# 베이즈주의 입증 이론의 장점

---

- ▶ 까마귀의 역설 해결 : 하얀 분필에 의한 신념도 향상은 극히 미미
- ▶ 무차별적 입증의 문제 해결 : 특수귀결 조건 부정
- ▶ 무관한 연언의 문제 해결 :  $P(h|e) \neq P(h \& h' | e) \neq P(h \& h'' | e)$
- ▶ 참신한 예측과 다양한 증거에 대한 방법론적 선호 설명
  - ▶  $P(e)$ 가 작을수록 입증도 향상하기 때문

$$P(h|e) = \frac{P(e|h)}{P(e)} P(h)$$

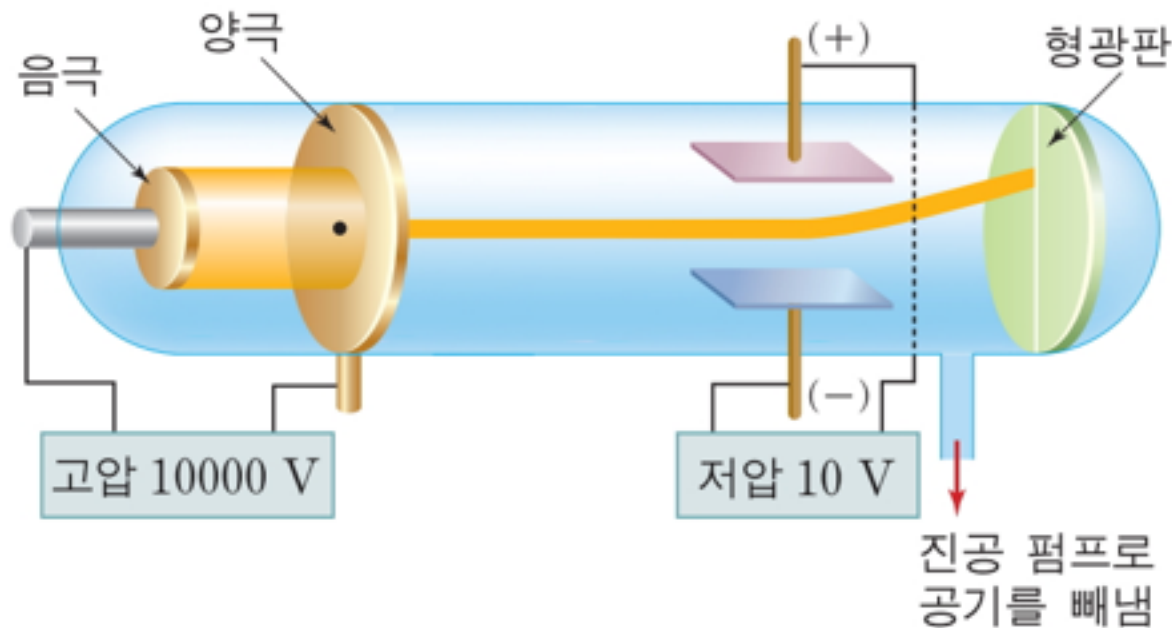
# 베이즈주의 입증 이론의 난점

---

- ▶ 우리의 믿음이 확률 공리를 만족해야 하는 이유는?
- ▶ 사람들이 확률 공리를 지키지 않는다는 심리학적 연구들
- ▶ 사전확률의 문제와 주관성 : 사전확률의 부여는 개인의 주관적 판단
- ▶ 기타가설의 문제 :  $P(e)$ 를 알려면  $P(\sim h)$ 를 알아야
  - ▶  $P(e) = P(e|h)P(h) + P(e|\sim h)P(\sim h)$
  - ▶  $P(e|\sim h)P(\sim h) = P(e|h_1)P(h_1) + P(e|h_2)P(h_2) + \dots$
  - ▶ 베이즈주의는 대안 가설에 대해 전지한 행위자 요구?
- ▶ 오래된 증거의 문제 :  $P(e) = P(e|h) = 1$ 이므로,  $P(h) = P(h|e)$
- ▶ 새로운 이론의 문제 : 대안 가설을 모두 알고 있는 행위자를 가정하지 않을 경우, 새로운 이론이 등장할 때마다 확률 재분배해야. 무슨 원칙으로?

## 증거 판단의 진위 문제

- ▶ 헤르츠 : 음극선이 전기장에서 휘지 않았다. 이러한 실험 결과는 음극선이 전하를 띠지 않는다는 증거를 제공한다.
- ▶ J. J. 톰슨 : 성능이 좋은 진공 펌프로 공기를 빼고 나니, 음극선이 전기장에서 휘었다. 이러한 실험 결과는 음극선이 전하를 띠고 있다는 증거를 제공한다.



그렇다면 헤르츠의  
증거 판단은 거짓?